MONITORAMENTO DO IMPACTO DA AGRICULTURA CONSERVACIONISTA NO COMPORTAMENTO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO EM UMA ENCOSTA AGRÍCOLA

Elizeu Jonas Didoné [1]; Graziela Moraes de Cesare Barbosa [2]; José Francirlei Oliveira [3]; Luciano Hideo Ponciano de Oliveira [4]; Jean Carlo Santos de Oliveira [5]; Rafael Jioconda Rodrigues [6]; Gustavo Henrique Merten [7]& Jean Paolo Gomes Minella [8]

ABSTRACT – Water erosion is the main process of soil degradation in Brazil. However, studies on erosion at the agricultural hillside scale are still incipient, mainly in the quantification of the effects of conservationist systems on liquid-solid discharge, in the face of climate change. The objective of this study was to quantify the impact of the current grain production system on the liquid and solid sediment discharges by means of hydro-sedimentometric monitoring. For this purpose, water and sediment flows were monitored on two agricultural hillside (2.6 each hillside) with and without the presence of terraces, which differ in terms of mechanical practices of soil conservation. The results indicated that the magnitudes of sediment yield and runoff coefficient are high, considering the 2.6 ha areas and the current conservation system, even with terraces. This, denote that the agricultural degradation processes associated with erosion are active. It is noted the fragility of the conservationist system as it is practiced without conservationist measures, given the reduced capacity to control erosion.

Palavras-Chave – Monitoramento, Agricultura, Sedimentos.

1) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: didoneagroufsm@gmail.com, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR, (55) 99971-8525
2) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: graziela_barbosa@iapar.br, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR
3) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: jfoliveira79@iapar.br, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR
4) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: hideoluciano@gmail.com, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR
5) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: jeancarlo_agro@hotmail.com, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR
6) IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná, Iapar/Emater - Departamento de solos, e-mail: rafael.tecni@gmail.com, Rod. Celso Garcia Cid, 375 - Londrina – PR
7) University of Minnesota Duluth Campus, Department of Civil Engineering, 221 SCiv 1405 University Drive, Duluth, MN, 55812, e-mail:mertengh@gmail.com, 218-726-7449
8) Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Solos, Av. Roraima, n.1000, Santa Maria – RS, CEP 97105-900. e-mail: jminella@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

A perda de solo, água, nutrientes e agrotóxicos e em áreas agrícolas é o resultado de um dos principais agentes de degradação do solo, a erosão hídrica. O transporte fluvial de sedimentos em suspensão gera inúmeros impactos nos recursos hídricos entre os quais, inclui o transporte de contaminantes, redução da qualidade da água, sedimentação de reservatórios, assoreamento de canais, perda de solo por erosão, bem como impactos ecológicos negativos (Wang *et al.,* 2009; Walling *et al.,* 2011).

O impacto econômico da erosão causado no Brasil é na ordem de 4 bilhões de dólares por ano gerado pela perda de aproximadamente 847 milhões de toneladas de solo (Merten *et al.,* 2010). Essas perdas econômicas e ambientais são causadas basicamente pela negligência dos conceitos de uso e aptidão das terras e pela ausência de um programa nacional de conservação do solo (Merten *et al.,* 2013).

No Brasil há vários estudos em pequenas parcelas (<300 m²), entretanto poucos documentam a eficácia da agricultura conservacionista sobre os processos hidrológicos e erosivos na escala de encostas (>5000m²), especialmente em regiões com cultivos de grãos. Isso se deve a complexidade de descrever a erosão nessa escala, havendo poucas informações quantitativas do impacto da agricultura sobre os processos erosivos (Didoné, et al., 2017). O que justifica a necessidade de programas de monitoramento na escala de encosta agrícola e pequenas bacias agrícolas, que quantifiquem como a ausência de medidas de controle do escoamento superficial afeta as perdas de água e sedimentos (Londero et al., 2017, Minella et al., 2018). Isso possibilita maior segurança na real quantificação dos problemas de degradação dos solos e dos recursos hídricos, bem como propor medidas de conservação de solo e água para atender as atuais demandas ambientais, sociais e econômicas.

Na hipótese de que o sistema agrícola atual tem significativo impacto na erosão e na descarga líquida e sólida, é necessário descrever a dinâmica espacial e temporal dos fluxos de sedimentos e água na escala de encosta. Assim, o propósito desse estudo foi utilizar dados de monitoramento hidrossedimentométrico para quantificar os impactos do atual sistema de produção de grãos no comportamento hidrossedimentológico de duas encostas agrícolas no sul do Brasil.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de estudo

A encosta monitorada localizam-se no terceiro planalto do estado do Paraná, no município de Cambé. O material de origem dos solos é o basalto com formação de solos altamente intemperizados e profundos. As classes de solos encontradas foram Latossolo Vermelho distrófico no topo e Nitossolo Vermelho distrófico latossólico na meia encosta e no sopé da vertente, ambos com textura muito argilosa. O relevo é suave ondulado com plano e perfil de curvatura linear-côncava. Segundo Köppen, o clima é do tipo Cfa, subtropical com precipitação média anual de 1.430 mm sem estação seca definida e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão.

O manejo adotado é o plantio direto a mais de 8 anos, com sucessão de soja (Glycine max) na cultura de verão e milho (Zea mays) segunda safra no inverno.

A escolha das encostas foi orientada pela similaridade de atributos topográficos primários (declividade e plano e perfil de curvatura) e secundários (índice de umidade, direção de fluxo do escoamento superficial, etc.), foram delimitadas as megaparcelas com camalhões e ambas com área de drenagem de 2,6 hectares. Em uma das encostas foi realizada a manutenção dos terraços e na outra megaparcela, os mesmos foram retirados como observado na figura 1.

Figura 1 – Delimitação das encostas com seção de monitoramento (fonte: autoria própria)

2.2 - Monitoramento hidrossedimentométrico

As megaparcelas foram instalados em outubro de 2018 e, a partir desse período foram realizadas campanhas de monitoramento das vazões e da concentração de sedimentos em suspensão (CSS) durante os eventos pluviométricos.

A CSS foi determinada utilizando o método da evaporação (Shreve & Downs, 2005). O monitoramento da vazão (Q) foi realizado com medida do nível da água na seção de monitoramento, utilizando um linígrafo de pressão. O valor de cota foi transformado em vazão, de acordo com a equação cota-vazão da calha H de 2 pés, presente nas seções de monitoramento das encostas de acordo com a equação 1.

$$Q = 0.022285358 - 0.55496382\ H^{0.5} + 125.5275778\ H^{1.5} + 939.5717311\ H^{2.5} \quad (1)$$

Onde Q é a vazão L s^{-1} e H é a altura na lâmina de água em metros. A erosividade dos eventos de precipitação foi calculada conforme equação 2 de Ramon et al. (2017). Foram calculados também o tempo de início do escoamento, volume total de água perdida durante o evento e a produção total de sedimentos.

$$E_{tempo} = 14{,}551\ X\ I^{1{,}139} \quad (2)$$

Onde E_{tempo} representa a energia por unidade de tempo (J m^{-2} h^{-1}) e I representa a intensidade da chuva (mm h^{-1}) em intervalo de 10 minutos. Os dados de precipitação, vazão e concentração de sedimentos foram adquiridos no período de outubro de 2018 a março de 2020, contemplando 20 meses de monitoramento. Os registros dessas variáveis foram obtidos no intervalo de 2 minutos, considerando apenas os eventos, pois é nesse período que há possibilidade de escoamento superficial. Foram considerados eventos erosivos com precipitação acima de 10 mm (Morgan, 2005).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de outubro de 2018 a março de 2020 foram monitorados mais de 75 eventos, porém somente 23% tiveram precipitação maior que 10 mm. Esse resultado pode ser decorrente dos impactos do fenômeno climático La Niña no final de 2018 e 2019 sendo prorrogado no primeiro semestre de 2020, o que gerou redução nos volumes precipitados para o Sul do Brasil. Essa redução já era esperada para esse período de acordo com o Iapar/Inmet. No entanto, foram observados eventos extremos já salientado por Rufino *et al.* (1993). Esses autores observaram que o município de Palotina tem a maior erosividade por unidade de chuva no estado do Paraná, com 250,8 MJ mm ha^{-1} h^{-1} ano e os eventos observados nesse estudo apresentaram uma amplitude de erosividade de 172,52 MJ mm ha^{-1} h^{-1} a 907,39 MJ mm ha^{-1} h^{-1} (Tabela 1) para diferentes eventos monitorados.

A área é manejada sob plantio direto, com histórico de mais de 8 anos com essa prática de manejo. Mesmo assim, foram observadas elevadas perdas de água e sedimentos no evento do dia 4 de outubro de 2018, com vazões acima de 90 L s^{-1} na encosta sem terraços e, mais de 60 L s^{-1} naquela com terraços. Esse evento apresentou maior vazão máxima do período, com eficiência dos terraços no controle do escoamento superficial, com redução de 39% e 71% da vazão máxima e do volume total de água escoado, respectivamente.

Tabela 1- Monitoramento de eventos de precipitação em encostas com e sem terraços

			Encosta sem terraços						Encosta com terraços					
Eventos	P	EI_{30}	IE	CE	$Q_{máx}$	Vol_{tot}	$CSS_{máx}$	PS	IE	CE	$Q_{máx}$	Vol_{tot}	$CSS_{máx}$	PS
	(mm)		Min.	(%)	(L s^{-1})	m^3	(g L^{-1})	(kg)	Min.	(%)	(L s^{-1})	M^3	(g L^{-1})	(kg)
04/10/18	36,1	362,7	100	16,8	99,8	156,9	3,6	2,0	100	4,8	61,8	45,5	2,70	5,7
26/10/18	23,7	-	-	0,4	4,5	-	3,8	5,9	-	0,2	2,6	-	4,4	2,4
23/11/18	58,2	245,7	44	9,9	13,2	150,0	2,4	79,9	42	4,2	6,7	63,6	4,5	34,0
28/05/19	81,5	907,3	413	18,7	26	35,9	10,8	522	415	5,7	21	22,0	8,0	174
16/12/19	42,8	172,5	43	1,6	9,7	18,1	2,9	26,5	38	1,7	11,4	18,9	1,2	10,1

P: Precipitação; EI_{30}: erosividade (MJ ha^{-1} mm h^{-1}); IE: tempo de início do escoamento superficial após o início da chuva; CE: coeficiente de escoamento; $Q_{máx}$: Vazão máxima; V_{total}: volume total de água do escoamento superficial; CSS: concentração de sedimento em suspensão; PS: Produção de sedimentos.

Considerando os valores médios, os terraços não reduziram o tempo de início do escoamento superficial. Para o início do escoamento superficial na encosta sem terraço foi necessário 150 minutos, já para a encosta com terraço 148 minutos. A concentração de sedimento em suspenção, nas encostas com e sem terraços foram similares com valor de 4 g L^{-1}. No entanto, observa-se que o coeficiente de escoamento superficial na encosta com terraço foi um terço menor, quando observado na encosta sem terraço, com valores de 3 e 9%, respectivamente. Essa mesma proporção de redução foi observada no volume máximo de escoamento, que foi de 37 m^3 na encosta com terraço e 90 m^3 sem terraço.

Esses resultados sugerem que o plantio direto realizado no estado não pode ser dissociado do uso de terraços e uso de práticas conservacionistas complementares (exemplo, rotação de culturas, plantio em nível), e fica evidente que, na ausência dessa prática (terraços), apenas o plantio direto não é eficiente no controle do escoamento superficial. Nos estudos de Londero *et al.*, (2017) foi observado a importância da utilização de medidas conservacionistas como o terraceamento no controle do escoamento superficial e arraste de sedimentos em área de plantio direto. Os autores observaram que sistemas conservacionista utilizando terraços reduziu significativamente o volume total escoado, a vazão máxima a concentração de sedimentos em suspenção e a produção total de sedimentos.

Na figura 2 é possível evidenciar o reflexo das medidas conservacionistas nas perdas de água e sedimentos na encosta agrícola com e sem medidas de controle do escoamento para o evento de 81 mm.

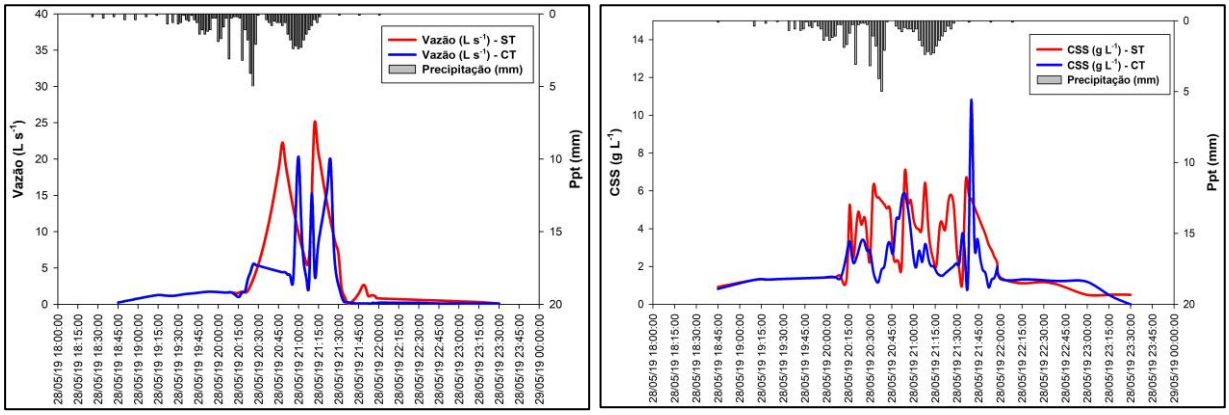

Figura 2 – Exemplo das perdas de solo e sedimentos em megaparcelas com e sem terraços.

Os aspectos críticos da produção de sedimentos e, consequente, degradação dos solos pela erosão hídrica é gerado pelo cultivo intensivo dos solos (mobilização recorrente por meio de escarificação), aliado a baixa cobertura vegetal e baixa taxa de infiltração devido à compactação. Além disso, o plantio das culturas de verão ocorre nos meses de maior erosividade, potencializando a desagregação e o transporte dos sedimentos em direção à rede de drenagem.

Na investigação de Deuschle et al., (2019), utilizando escarificação e plantas de cobertura em seis encostas agrícolas, observou que apenas a utilização da rotação de culturas como prática isolada de conservação, não é eficiente no controle do escoamento superficial em eventos de alta intensidade, sendo necessário outras medidas de conservação associadas como terraceamento e plantio em nível.

A eficiência do terraço no controle do escoamento superficial e perda de sedimentos, ocorreu devido à redução dos comprimentos de rampa na encosta. É importante salientar que essa redução potencializou a infiltração da água no perfil do solo e a redistribuição de nutrientes ao longo da encosta. Dessa forma, o uso dos terraços pode aumentar a disponibilidade de água para as culturas, atenuar a contaminação dos rios e aumentar a eficiência de uso dos fertilizantes na agricultura. Portanto, sistemas conservacionistas associados visam reduzir o impacto ambiental, manter o sistema produtivo e garantir a sustentabilidade para as gerações futuras.

4 - CONCLUSÕES

O monitoramento hidrossedimentométrico mesmo num curto período (20 meses) permitiu evidenciar a importância do uso de terraços em encostas sob sistema de plantio direto no norte do estado do Paraná.

A redução do comprimento de rampa com presença de terraços, reduziu mais de 50% do coeficiente de escoamento superficial, a produção e o volume total de sedimentos em uma encosta manejada com sistema de plantio direto em condições de eventos de precipitação.

As medidas conservacionistas de conservação reduziram o volume de água escoado, possibilitando a maior infiltração no perfil do solo, favorecendo a preservação do sistema produtivo.

Investigações de longo prazo são necessárias para melhor avaliar o impacto que medidas conservacionistas geram no sistema agrícola. Desse modo, o monitoramento de médio a grandes eventos se faz necessário para quantificar as perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agrícolas.

Agradecimentos

Aos órgãos públicos de fomento - IDR- Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR/Emater; Itaipu Binacional/ Projeto Ibitiba e Fundação Araucária pelo financiamento do projeto.

5 - BIBLIOGRAFIA

CARVALHO, N.O. (2008). Hidrossedimentologia prática. 2ª ed., rev., atual e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 599p

DEUSCHLE, D.; MINELLA; J. P.G.; HÖRBE, T. A.N.; LONDERO, A.L.; SCHNEIDER, F. J.A. (2019). Erosion and hydrological response in no-tillage subjected to crop rotation intensification in southern Brazil. Geoderma, 340:157-163.

DIDONÉ, E.J., MINELLA, J.P.G., EVRARD, O., (2017). Measuring and modelling soil erosion andsediment yields in a large cultivated catchment under no-till of Southern Brazil. Soil Tillage Res. 174, 24-33.

LIMA, JEFW; LOPES, WTA, SILVA, EM; VIEIRA, MR (2004). Diagnóstico do Fluxo de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Piquiri in anais do VI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Vitória-ES.

LONDERO, A.L; MINELLA, G.P.G; DEUSCHLE, D.; SCHNEIDER, F.J.A.; BOENI, M.; MERTEN, G.H. (2018). Impact of broad-based terraces on water and sediment losses in no-till (paired zero-order) catchments in southern Brazil. J. Soils Sediments, 18:1159-1175.

LOPES, WTA; LIMA, JEFW; VIEIRA, MR; DIAS, SF (2004). Diagnóstico do Fluxo de Sedimentos em Suspensão na Bacia do Rio Ivaí - Estado do Paraná in anais do VI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos, Vitória-ES.

MERTEN, G.H; MINELLA, J.P.G; MORO; MAIER, C. (2010). Expansion of Brazilian Agricultural Territory: Changes in Land Use. Catena. Supplement (Giessen), v. 41, p. 13-21, 2010.

MERTEN, G.H; CAPEL, PD; MINELLA, JPG (2013). Effects of suspended sediment concentration and grain size on three optical turbidity sensors. Progress in erosion and sedimentation in Latin America.

Jounal Soils Sediments. Published Online 3 December 2013. ISSN 1614-7480. DOI 10.1007/s11368-013-0813-0.

MINELLA, J. P. G., MERTEN, G. H., BARROS, C. A. P., RAMON, R., SCHLESNER, A., CLARKE, R. T., MORO, M., AND DALBIANCO, L. (2018) Long-term sediment yield from a small catchment in southern Brazil affected by land use and soil management changes, Hydrol. Process., 32, 200-211.

MORGAN, R.P.C. Soil erosion and conservation. 3.ed. Oxford, Blackwells, 2005. 304p.

RAMON,R.; MINELLA, J.P.G; MERTEN, G.H.; BARROS, C.A.P.; CANALE, T. (2017). Kinetic energy estimation by rainfall intensity and its usefulness in predicting hydrosedimentological variables in a small rural catchment in southern Brazil. Catena, vol. 148, 2:176-184.

RUFINO, R.L.; BISCAIA, R.C.M.; MERTEN, G.H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.17, n.1, p.439-444, 1993.

SHREVE, E.A.; DOWNS, A.C. (2005). Quality-Assurance Plan for the Analysis of Fluvial Sediment by the U.S., Geological Survey Kentucky Water Science Center Sediment Laboratory., U.S., Geological Survey Open, File Report 2005.

WALLING, D.E. (2011). Human Impact on the Sediment Loads of Asian Rivers, Sediment Problems and Sediment Management in Asian River Basins. IAHS Publ. 349, Wallingford, pp. 37-51.

WANG, G.; HAPUARACHCHI, P.; ISHIDAIRA,H.; KIEM, A.S.; TAKEUCHI, K. (2009) Estimation of soil erosion and sediment yield during individual rainstorms at catchment scale., Water Resour Manag v., 23, n., 8, p, 1447-1465.